

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Koji YAKUSHI

GAU:

SERIAL NO:NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: SERVO-VALVE CONTROL DEVICE AND SERVO-VALVE CONTROL SYSTEM WITH
ABNORMALITY DETECTION

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

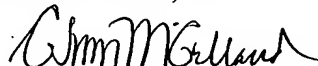
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-002687	January 9, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2003年 1月 9日

出 願 番 号
Application Number:

特願2003-002687

[ST.10/C]:

[JP2003-002687]

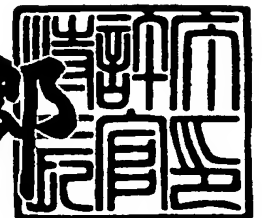
出 願 人
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 5月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3032543

【書類名】 特許願

【整理番号】 66B0210191

【提出日】 平成15年 1月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F01D 17/10

【発明の名称】 サーボ弁制御装置およびサーボ弁制御システムの異常検出装置

【請求項の数】 9

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中事業所内

 【氏名】 薬師 宏治

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100087332

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 猪股 祥晃

 【電話番号】 03-3501-6058

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103333

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 菊池 治

 【電話番号】 03-3501-6058

【選任した代理人】

 【識別番号】 100081189

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 猪股 弘子

【電話番号】 03-3501-6058

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012760

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 サーボ弁制御装置およびサーボ弁制御システムの異常検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 サーボ弁の開度目標値および実弁開度信号を入力してサーボ弁の開度を目標値に追従するように制御するサーボ弁制御装置において、

弁開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器と、

前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力し、サーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部と、

この入力端外乱推定部から出力された外乱推定信号を前記サーボ指令信号に加減算してサーボ指令信号を修正する修正手段と、

を備えたことを特徴とするサーボ弁制御装置。

【請求項 2】 前記サーボ指令信号を入力し、予め定めた制限値を逸脱する分を制限して出力する信号制限器を設けたことを特徴とする請求項 1 記載のサーボ弁制御装置。

【請求項 3】 前記入力端外乱推定部は、制御対象であるサーボ弁のモデル化する際、システム行列および観測行列を制御対象の特性パラメータに依存しないように構成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のサーボ弁制御装置。

【請求項 4】 前記入力端外乱推定部の出力に基づき前記サーボ弁制御装置の異常状態を検出する異常検出器を備えたことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 記載のサーボ弁制御装置。

【請求項 5】 サーボ弁の開度目標値および実弁開度信号を入力してサーボ弁の開度を目標値に追従するように制御するサーボ弁制御装置において、

弁開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器と、

前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力し、サーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部と、

この入力端外乱推定部から出力される外乱推定信号に基づき前記サーボ指令信

号を出力する制御器の制御パラメータを調整する関数器と、
を備えたことを特徴とするサーボ弁制御装置。

【請求項 6】 前記サーボ弁が内蔵するヌルバイアスを補償するための補償信号を前記サーボ指令信号に加算するヌルバイアス補償器を設けたことを特徴とする請求項 1 または請求項 5 記載のサーボ弁制御装置。

【請求項 7】 前記入力端外乱推定部の出力に基づき、前記ヌルバイアス補償器の設定値を調整する手段を備えたことを特徴とする請求項 6 記載のサーボ弁制御装置。

【請求項 8】 サーボ弁の弁開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器、前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力してサーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部、この入力端外乱推定部から出力された外乱推定信号を前記サーボ指令信号に加減算してサーボ指令信号を修正する修正手段を備えたサーボ弁制御装置と、このサーボ弁開度制御装置からのサーボ指令信号をサーボ弁を駆動できるように増幅するパワーアンプを有するバルブインターフェースと、このバルブインターフェースからの出力電流によりサーボ弁を駆動するサーボコイルとをそれぞれ 3 重化してサーボ弁制御システムを構成し、各サーボ弁制御装置の入力端外乱推定部から出力された外乱推定値が予定の設定範囲を逸脱したとき、バルブインターフェースが 2 系以上異常と判定する異常判定手段と、この異常判定手段の動作に基づいて各系に対して 1 系ずつ順番にパワーアンプ出力の切離しを行い、切離し後前記入力端外乱推定部から出力される外乱推定値の変化の大きさによりパワーアンプ異常系を検出する検出ロジックとを備えたことを特徴とするサーボ弁制御システムの異常検出装置。

【請求項 9】 サーボ弁の弁開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器、前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力してサーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部、この入力端外乱推定部から出力される外乱推定信号に基づき前記サーボ指令信号を出力する制御器の制御パラメータを調整する関数器とを備えたサーボ弁制御装置と、このサーボ弁開度制御装置からのサーボ指令信号を

サーボ弁を駆動できるように増幅するパワーアンプを有するバルブインターフェースと、このバルブインターフェースからの出力電流によりサーボ弁を駆動するサーボコイルとをそれぞれ3重化してサーボ弁制御システムを構成し、各サーボ弁制御装置の入力端外乱推定部から出力された外乱推定値が予定の設定範囲を逸脱したとき、バルブインターフェースが2系以上異常と判定する異常判定手段と、この異常判定手段の動作に基づいて各系に対して1系ずつ順番にパワーアンプ出力の切離しを行い、切離し後前記入力端外乱推定部から出力される外乱推定値の変化の大きさによりパワーアンプ異常系を検出する検出ロジックとを備えたことを特徴とするサーボ弁制御システムの異常検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はサーボ弁制御装置に係り、特にサーボ弁の入力端外乱が生じた場合にも、安定した動作を行うことのできるサーボ弁制御装置およびサーボ弁制御システムの異常検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

サーボ弁は、火力発電所のタービン調速制御装置に適用されているほか種々用いられているが、ここでは、タービン調速制御装置に適用した例について述べる。図13はタービン調速制御装置の概略構成図であり、タービン回転数 N_R および回転数指令 N_S を回転数制御器1に入力し、さらに発電機負荷 G_L および負荷指令 G_S を負荷制御器2に入力することにより、蒸気加減弁の流量指令信号を計算し、この流量指令信号を流量／弁開度変換関数器3に入力して弁開度指令信号3eに変換し、この変換された弁開度指令信号3eと弁開度検出器4により検出された実弁開度信号4eとをサーボ弁制御装置5に入力して比較し、双方の信号の偏差をサーボ指令信号5eとしてバルブインターフェース6を経てサーボ弁7のソレノイド（サーボコイル）7-1に出力するように構成されている。

【0003】

このサーボコイル7-1は与えられたサーボ指令信号5eを図示しない電気／

油圧変換器により油圧信号に変換する。変換された油圧信号は油筒に入り、この油筒内のピストンの移動により蒸気加減弁の開度を変化させる。

【 0 0 0 4 】

従来のサーボ弁制御装置 5 の内部機能は図 1 4 のブロック図で示すように、サーボ弁開度指令信号 3 e と実弁開度信号 4 e とを加算部 5 - 1 にて偏差を求め、パワーアンプ 5 - 2 でこの偏差に弁位置制御ゲイン 2 0 を乗じた後、ヌルバイアス補償器 5 - 3 の出力信号と加算部 5 - 4 で加算され、制限器 5 - 5 を介してサーボ指令信号 5 e として、バルブインターフェース 6 を介してサーボコイル 7 - 1 に出力し、サーボ弁 7 を駆動するように構成されている。

【 0 0 0 5 】

なお、ヌルバイアス補償器 5 - 3 とは、サーボコイル 7 - 1 に与えられるサーボ電流が喪失したときに蒸気加減弁をフェールセーフ側すなわち弁体を閉じる方向に制御するためのバイアスを与えるものであり、また、制限器 5 - 5 はパワーアンプ 5 - 2 の出力を制限するために、必要に応じて設けられるものである。

【 0 0 0 6 】

図 1 5 はサーボ弁制御装置 5 の信頼性を向上させるために、1つの蒸気加減弁 8 に対して駆動系であるサーボ弁制御装置、バルブインターフェース、サーボコイル、弁開度検出器をそれぞれ A 系、B 系、C 系として 3 重化構成した場合の制御ブロック図である。

【 0 0 0 7 】

図 1 5 において、各系の弁開度検出器 4 A、4 B、4 C の出力 4 A e、4 B e、4 C e はサーボ弁制御装置 5 A、5 B、5 C に設けた中間値選択回路 (Middle Value Gate) 5 - M に入力される。中間値選択回路 5 - M は入力信号中の中間値を出力した後、図 1 4 の加算部 5 - 1 で前記サーボ弁開度指令信号 3 e と比較され偏差を出力する。その後の機能は図 1 4 の場合と同じであるので省略する。

【 0 0 0 8 】

そして、各サーボ弁制御装置 5 A、5 B、5 C の出力は全て各系のバルブインターフェース 6 A、6 B、6 C に入力されて前述と同じ構成の中間値選択回路 6 - 1 に入力され、その中の中間値が出力される。各系のバルブインターフェース

6 A、6 B、6 Cの出力はアンプ 6 - 2 で増幅されて出力される。

【0 0 0 9】

なお、この3コイルサーボシステムでは、各系のサーボ弁 7 A、7 B、7 Cに設けたサーボ電流検出器 7 - 2 によりサーボ電流を直接検出してフィードバックすることにより、各系のバルブインターフェース 6 A、6 B、6 Cの異常系を検出し、検出された異常系に対して回路切離指令をスイッチ等の回路切離手段 6 - 3 に出力し、バルブインターフェース異常系の切離しを行っている（例えば、特許文献 1）。

【0 0 1 0】

【特許文献 1】

特開平 4 - 2 2 8 8 3 9 号公報

【0 0 1 1】

【発明が解決しようとする課題】

このような従来の比例制御によるサーボ弁制御装置では、サーボ弁が有する機械的なヌルバイアスの変動やその他サーボ弁の機構中で生じる種々の入力端外乱により、蒸気弁開度指令と実弁開度との間で制御偏差が生じ、サーボ弁制御装置としての制御性能を悪化させることになる。

【0 0 1 2】

そのため、定期的にヌルバイアス補償値を調整する必要も生じる。また、3コイルサーボシステムにおいて、バルブインターフェースの1系異常、サーボコイルの1系あるいは2系断線等サーボ弁に加わる入力端外乱が生じた場合、蒸気弁開度指令と実弁開度との間に偏差が生じてサーボ弁制御装置としての制御特性を悪化させることになる。

【0 0 1 3】

このような偏差を除去する手法としては、積分制御を追加することが一般的である。しかしながら、制御対象のサーボ弁は制御入力であるサーボ電流と観測出力である蒸気加減弁位置との関係が積分特性を有するため、制御器側にさらに積分器を追加すると閉ループ系の応答が遅くなるだけでなく、安定性が劣化する欠点がある。

【 0 0 1 4 】

また、上述した従来の 3 コイルサーボシステムでは、各系毎のサーボ電流検出器によりサーボ電流を直接検出してパワーアンプ異常、サーボコイルの断線等が生じた系を検出し、検出された異常系からの出力の切離しを行うことにより正常な制御を継続しているが、このシステムを構築するためには、各系毎にサーボ電流検出器 7-2 や回路切離器 6-3 が必要となり、その分ハードウェアのコストアップのみならず、これらサーボ電流検出器 7-2 や回路切離器 6-3 の故障も考慮しなければならないためシステム全体の信頼性も低下する欠点がある。

【 0 0 1 5 】

そこで、本発明の目的は、サーボ弁の入力端外乱が生じた場合にも、弁開度制御偏差を生じることなく正常な制御が可能なサーボ弁制御装置を備えたサーボ弁制御装置を提供することにある。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、請求項 1 に係るサーボ弁制御装置の発明は、サーボ弁の開度目標値および実弁開度信号を入力してサーボ弁の開度を目標値に追従するように制御するサーボ弁制御装置において、弁開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器と、前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力し、サーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部と、この入力端外乱推定部の出力を前記サーボ指令信号に加減算してサーボ指令信号を修正する修正手段と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 5 に係るサーボ弁制御装置の発明は、サーボ弁の開度目標値および実弁開度信号を入力してサーボ弁の開度を目標値に追従するように制御するサーボ弁制御装置において、弁開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器と、前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力し、サーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部と、この入力端外乱推定部の外乱推定信号に基づき前記サーボ

指令信号を出力する制御器の制御パラメータを調整する関数器と、を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

さらに、請求項 8 に係わるサーボ弁制御システムの異常検出装置の発明は、サーボ弁の開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器、前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力してサーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部、この入力端外乱推定部から出力された外乱推定信号を前記サーボ指令信号に加減算してサーボ指令信号を修正する修正手段を備えたサーボ弁制御装置と、このサーボ弁開度制御装置からのサーボ指令信号をサーボ弁を駆動できるように増幅するパワーアンプを有するバルブインターフェースと、このバルブインターフェースからの出力電流によりサーボ弁を駆動するサーボコイルとをそれぞれ 3 重化してサーボ弁制御システムを構成し、各サーボ弁制御装置の入力端外乱推定部から出力された外乱推定値が予定の設定範囲を逸脱したとき、バルブインターフェースが 2 系以上異常と判定する異常判定手段と、この異常判定手段の動作に基づいて各系に対して 1 系ずつ順番にパワーアンプ出力の切離しを行い、切離し後前記入力端外乱推定部から出力される外乱推定値の変化の大きさによりパワーアンプ異常系を検出する検出ロジックとを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

またさらに、請求項 9 に係わるサーボ弁制御システムの異常検出装置の発明は、サーボ弁の開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器、前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力してサーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部、この入力端外乱推定部から出力される外乱推定信号に基づき前記サーボ指令信号を出力する制御器の制御パラメータを調整する関数器とを備えたサーボ弁制御装置と、このサーボ弁開度制御装置からのサーボ指令信号をサーボ弁を駆動できるように増幅するパワーアンプを有するバルブインターフェースと、このバルブインターフェースからの出力電流によりサーボ弁を駆動するサーボコイルとをそれぞれ 3 重化してサーボ弁制御システムを構成し、各サーボ弁制御装置の入力

端外乱推定部から出力された外乱推定値が予定の設定範囲を逸脱したとき、バルブインターフェースが2系以上異常と判定する異常判定手段と、この異常判定手段の動作に基づいて各系に対して1系ずつ順番にパワーアンプ出力の切離しを行い、切離し後前記入力端外乱推定部から出力される外乱推定値の変化の大きさによりパワーアンプ異常系を検出する検出ロジックとを備えたことを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、既に説明した図と同一部分には同一符号をつけることにより、重複する説明は省略する。

【0021】

(第1の実施の形態)

図1は本発明に係るサーボ弁制御装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。本実施の形態によるサーボ弁制御装置51は、サーボ弁開度指令信号3eと弁開度検出器4で検出された実弁開度信号4eとを比較し、偏差を求める加算部5-1と、この加算部5-1の偏差出力に弁位置制御ゲインを乗じる制御器5-2と、サーボ弁が内蔵する機械的なヌルバイアスを補償するために設けたヌルバイアス補償器5-3と、制御器5-2の出力とヌルバイアス補償器5-3の出力とを加算する加算部5-4と、この加算部5-4の後段に必要なに応じて設けられサーボ指令信号を上下制限する信号制限器5-5と、サーボ指令信号5eおよび実弁開度検出信号4eとを入力してサーボ弁の入力端に加わる外乱を制御対象であるサーボ弁の数学モデルに基づいて推定する入力端外乱推定部5-6と、この入力端外乱推定部5-6から出力された外乱推定値5-6eの符号を反転して前記加算部5-4の出力であるサーボ指令信号に加算してサーボ指令信号を再計算(修正)するためのフィードフォワードパス(修正手段)5-7とから構成されている。なお、5-71はフィードフォワードパス5-7を構成する加算部である。

【0022】

次に図2において前述した入力端外乱推定部5-6の一例について説明する。

なお、図2のうち5-61(L)は制御ゲイン、5-62はヌルバイアス補償

器、5-63 (A) はサーボ弁のシステム行列、5-64 (C) はサーボ弁の観測行列、5-65 (B) はサーボ弁の入力行列、5-66 (1/S) は積分器、5-67 (0 1 0) は行列、5-68 (1/f 0) はゲイン、5-69、5-610 および 5-611 は加算部である。

サーボ弁の非線形状態空間モデルは次式で表される。

【0023】

【数1】

$$\dot{z} = 0 \times z + f \times (i - null) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 z : サーボ弁位置、 f : 油筒定数、 i : サーボ電流、

$null$: ノルバイアス。

【0024】

また、サーボ弁に加わる入力端外乱モデル(1次)の状態空間モデルは自由モデルを用いて次式(2)で表される。

【数2】

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 x : 入力端外乱。

【0025】

式(1)、(2)より入力端外乱モデル(1次)を包含したサーボ弁の状態空間モデルは

【数3】

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} (i - null) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (4)$$

と表すことができる。

【0026】

式(3),(4)を制御対象のノミナル値とノミナル値からの変動分とに分離して書き直すと次のようになる。

【数 4】

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + (\mathbf{B} + \Delta\mathbf{B})\mathbf{u} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{油筒定数変動 : } f = f_0 + \Delta f \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{ヌルバイアス変動 : } null = null0 + \Delta null \quad \dots\dots\dots(8)$$

ただし、

f_0 : 油筒定数ノミナル値、 Δf : 油筒定数変動分、

$null0$: ヌルバイアスノミナル値、 $\Delta null$: ヌルバイアス変動分、

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \mathbf{B} = \begin{pmatrix} f_0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \Delta\mathbf{B} = \begin{pmatrix} \Delta f \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{C} = (1 \quad 0 \quad 0), \mathbf{D} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{x} = \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{u} = i - null0, \Delta\mathbf{u} = -\Delta null$$

【0027】

式(3),(4)に基づき、図2に示す次式の入力端外乱推定部5-6を構成することができ、外乱推定信号を抽出する行列5-67(010)を乗じて外乱推定値を得ることができる。

【0028】

【数 5】

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}} = (\mathbf{A} - \mathbf{L}\mathbf{C})\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{L}\mathbf{y} \quad \dots\dots\dots(9)$$

ただし、

\mathbf{x} ; 入力端外乱信号、 $\hat{\mathbf{x}}$; 外乱推定値、 \mathbf{A} ; システム行列、

\mathbf{B} ; 入力行列、 \mathbf{C} ; 観測行列、 \mathbf{L} ; 制御ゲイン、

【0029】

制御ゲイン5-61は、極配置法やカルマン・フィルタ等の現代制御の手法により設計することができる。また、入力端外乱推定部5-6中のヌルバイアス補償器5-62の設定値は、サーボ弁制御装置5中のヌルバイアス補償器5-3の設定値と等しく設定する。

【0030】

ここで、重要な点は、入力端外乱推定部5-6を設計する際に用いるシステム行列(A)5-63および観測行列(C)5-64は定数行列であって、制御対象のパラメータが含まれていないということである。制御対象のパラメータは入力行列(B)5-65のみに含まれている。これは、入力端外乱信号xに制御対象のモデル化誤差分も含ませているためである。よって、設計される入力端外乱推定部5-6のシステムの安定性は制御対象の次数変動がない限り、パラメータ変動によらず保証される。

【0031】

次に、入力端外乱推定部5-6により推定された外乱推定値をサーボ指令換算するために、図2の制御ゲイン5-68で示すように油筒定数ノミナル値の逆数を乗じて、符号を反転してサーボ指令信号に加算する。この図1に示すフィードフォワードパス5-7により入力端外乱を直接的に素早く抑制することができる。

また、油筒定数ノミナル値によらず、弁開度指令と実弁開度との定常偏差は入力端外乱推定部5-6中の積分器5-66により0になることが保証される。

【0032】

さらに、本実施形態は、サーボ指令信号を上下制限する信号制限器5-5の出力を入力端外乱推定部5-6に入力することによりwindupを生じない構成を採用している（なお、windupとは、操作端やアクチュエータの制限により制御偏差が有限値として残る場合、積分出力が無限大に暴走する現象をいう）。このwindupを生じない構成は、通常の弁開度指令と実弁開度の偏差に対する積分制御にはない、重要な性質である。

本発明による制御入力決定アルゴリズムは次式(10)となる。

【0033】

【数6】

$$i = null0 + K_p(z^* - z) - \frac{1}{f_0} \dot{z} \quad \dots\dots\dots(10)$$

ただし、 K_p ：比例ゲイン、 z^* ：サーボ弁位置指令信号

【 0 0 3 4 】

次に、図 3、図 4 および図 5 を参照し、本実施形態に係る装置と従来の技術との比較を結果を説明する。

図 3 は、入力端外乱推定部 5 - 6 を有する本発明のサーボ弁制御装置によるサーボ弁の位置制御特性を示す図であり、図 4 は図 1 1 で示す入力端外乱推定部 5 - 6 を持たない従来技術のサーボ弁の位置制御特性を示す図であり、ともに、弁開度指令が 5 0 % 一定で、実弁開度も 5 0 % で安定に追従しているときに、ヌルバイアス変動や 1 系パワーアンプ異常等の外乱がサーボ弁に加えた状態でのサーボ弁の位置制御特性を示す。

【 0 0 3 5 】

なお、図 3 および図 4 において矢印で示した事項は以下の各種外乱印可条件を意味している。すなわち、「1 系アンプ+側最大」とは 3 系のうち 1 系のパワーアンプがその入力に関わらず+側最大値に異常出力した状態を意味し、「1 系アンプ-側最小」とは 3 系のうち 1 系のパワーアンプがその入力に関わらず-側最小値に異常出力した状態を意味する。また、「NULL=-99」とはサーボ弁のヌルバイアスが初期値（正常値）が-5%から-99%に異常変動した状態を意味し、「NULL=+99」とはサーボ弁のヌルバイアスが初期値（正常値）が-5%から+99%に異常変動した状態を意味する。

【 0 0 3 6 】

さらに「1 系アンプ 0.3Hz」とは 3 系のうち 1 系のパワーアンプがその入力に関わらず振幅 100%、周波数 0.3Hz の正弦波状に異常出力した状態を意味し、「1 系アンプ 1 Hz」とは 3 系のうち 1 系のパワーアンプがその入力に関わらず振幅 100%、周波数 1 Hz の正弦波状に異常出力した状態を意味する。

【 0 0 3 7 】

これら図 3 および図 4 の比較から明らかなように、本発明による入力端外乱推定部 5 - 6 がサーボ弁に加わる入力端外乱を素早く推定し、フィードフォワードパス 5 - 7 により直接的に外乱抑圧補償を行うことによって外乱に対して弁位置の変動が十分抑制されることがわかる。

【 0 0 3 8 】

図 5 は、タービン調速制御装置で発電機負荷 2 5 %一定制御中に、3 コイルサーボシステムの 1 系パワーアンプが+側最大異常となったときの本発明および従来技術の負荷制御特性を比較した図である。

【 0 0 3 9 】

図 5 中、PROPOSEDとは、図 1 に示す本実施形態に係る装置による負荷応答を、またCONVENTIONALとは、図 9 に示す従来装置による負荷応答を示す。また、ALR SETとは発電機負荷指令値であり、GENERATOR MWとは発電機負荷のことである。

【 0 0 4 0 】

このように本実施形態に係る装置によれば、入力端外乱推定部が制御対象であるサーボ弁に加わる入力端外乱をサーボ弁の数学モデルに基づいて推定し、推定した外乱を打ち消すようにサーボ電流指令を再計算することによって入力端外乱を直接的に鋭く抑制することができる。

【 0 0 4 1 】

(第 2 の実施の形態)

図 6 は本発明の第 2 の実施の形態を表すブロック図である。本実施の形態によるサーボ弁制御装置 1 B は、入力端外乱推定部 5 - 6 の出力信号に基づいてオペレータが手動でヌルバイアス補償器 5 - 3 a の設定値を調整および評価する手動調整手段 5 - 8 を備えている。オペレータは、入力端外乱推定部 5 - 6 の出力が 0 になるように、ヌルバイアス補償器 5 - 3 a の設定値を調整する。

【 0 0 4 2 】

この実施の形態によれば、オペレータが入力端外乱推定部 5 - 6 の外乱推定信号の値の大きさ評価することにより、ヌルバイアス補償器 5 - 3 a の設定値のずれの程度を判断し、手動で前記ヌルバイアス補償器 5 - 3 a を調整することによって常に最適な制御状態を確保することができる。

【 0 0 4 3 】

(第 3 の実施の形態)

図 7 は本発明の第 3 の実施の形態を表すブロック図である。本実施の形態によるサーボ弁制御装置 5 3 は、入力端外乱推定部 5 - 6 の出力信号に基づきサーボ弁制御装置 5 3 自体の異常を検出する異常検出器 5 - 9 を備えている。この異常

検出器 5-9 の 1 例としては、入力端外乱推定部 5-6 の出力信号が $\pm 100\%$ の範囲を逸脱したときに、弁開度制御異常と判断して制御停止指令を出力することができる。

【 0 0 4 4 】

この実施の形態においては、前記入力端外乱推定部 5-6 の外乱推定信号 5-6 e の値により、制御継続中にオンラインで弁位置制御ループの異常状態の監視および検出を行うことができ、異常検出器 5-9 を異常時に適切な指令を出力する手段として用いることができる。

【 0 0 4 5 】

(第 4 の実施の形態)

図 8 は本発明の第 4 の実施の形態を表すブロック図である。本実施の形態によるサーボ弁制御装置 5 4 は、入力端外乱推定部 5-6 の出力信号 5-6 e に基づき比例制御器 5-2 a の可変弁位置制御ゲイン P を調整するゲイン調整用関数器 5-1 0 を設けるようにしたものである。例えば、入力端外乱推定部 5-6 の出力信号の絶対値が大きいときは可変弁位置制御ゲイン P を大きくし、入力端外乱推定部 5-6 の出力信号の絶対値が小さいときは、可変弁位置制御ゲイン P を小さくするという調整方法をとる。

なお、可変弁位置制御ゲイン P は比例ゲインに限らず一般的な制御器として、制御器中の複数の制御パラメータを適応的に変化させることもできる。

【 0 0 4 6 】

以上述べたように本実施の形態によれば、サーボ弁に加わる入力端外乱の大きさに応じて制御器 5-2 a のゲインを変化させることで入力端外乱が加わったときのサーボ弁制御装置の制御性を改善することができる。

【 0 0 4 7 】

(第 5 の実施の形態)

図 9 は本発明の第 5 の実施の形態を表す構成図である。本実施の形態はサーボ弁制御装置を 3 コイルサーボシステムに適用した場合の構成例を示し、図 1 0 はサーボ弁制御装置 5 5 の詳細を示す図である。

【 0 0 4 8 】

本実施の形態は、1つの蒸気加減弁8を駆動するために図1に示す各サーボ弁制御装置51に中間値選択回路5-Mを付加してなるサーボ弁制御装置55、バルブインターフェース6、サーボコイル7-1および弁開度検出器4を3重化してそれぞれをA系、B系およびC系とし、さらに実弁開度信号およびサーボ弁制御装置55からバルブインターフェース6内のパワーアンプ2へ出力するサーボ指令信号をそれぞれ中間値選択回路6-1に入力してそれぞれ中間値を使用するように構成したものである。なお、各サーボ弁制御装置55は、図1に示すサーボ弁制御装置51に替えて、それぞれ図6、7、8に示すサーボ弁制御装置52、53あるいは54に中間値選択回路5-Mを付加した構成としてもよい。

【0049】

図10において、中間値選択回路5-Mから出力される中間値は加算部5-1および入力端外乱推定部5-6に入力されるように構成されている。その他は図1と同じなので説明を省略する。

【0050】

以上述べたように本実施の形態によれば、サーボ弁制御装置またはパワーアンプまたは弁開度検出器の1系異常時、またはサーボコイルの2系までの断線時にも正常な制御の継続を可能とすることができる。

【0051】

因みに、図15に示す従来の3コイルサーボシステムでは、前述したようにサーボ電流検出器7-2およびリレー等による回路切離手段6-3を設けてパワーアンプ異常系やサーボコイル断線系の出力切離を行っているので、サーボ弁制御装置5を単純に3コイルサーボシステムのサーボ弁制御装置5に適用した場合、パワーアンプ異常やサーボコイル断線はサーボ弁に加わる入力端外乱と等価であるので、出力切離を行わない場合、制御偏差が生じ正常時と等価な制御が継続できない。

【0052】

これに対し、図9、図10で示した本実施の形態は、各系のサーボ弁制御装置51中の入力端外乱推定部5-6がパワーアンプ異常やサーボコイル断線によるサーボ弁に対する入力端外乱を補償してサーボ指令信号を再計算するので、サー

が電流検出器 7-2 や回路切離手段 6-3 なしでサーボ弁制御装置 55 またはパワーアンプ 6-2 または弁開度検出器 55 の 1 系異常時またはサーボコイル 7-1 の 2 系までの断線時にも正常な制御を継続することができる。

【 0 0 5 3 】

以上述べたように本実施の形態によれば、1 系のパワーアンプ異常、または 2 系までのサーボコイル断線を弁位置制御ループに加わる入力端外乱として各系のコントローラの入力端外乱推定部が外乱抑圧補償を行うことによって、パワーアンプ出力電流の検出手段およびパワーアンプ出力切離しを行う手段を必要とせずに正常な制御を継続することが可能である。

【 0 0 5 4 】

(第 6 の実施の形態)

次に、本発明の第 6 の実施の形態を表す 3 コイルサーボシステムの第 2 の構成例を図 11 に示す。本実施の形態は、図 9 の構成に回路切離手段 6-3 を追加し、さらにこの回路切離手段 6-3 に切離し指令を出力する異常系切離しロジックを追加したものである。

【 0 0 5 5 】

本実施の形態は、サーボ弁制御装置 55 中の入力端外乱推定部 5-6 の出力に基づき、パワーアンプ異常系のソフトウェアによる検出を行い、パワーアンプ異常系に対して、回路切離指令を出力し、回路切離手段 6-3 により出力回路を切離すことによって、従来のサーボ電流検出器 7-2 を用いることなく、2 系までのパワーアンプ異常時にも正常な制御の継続を可能とする。

【 0 0 5 6 】

次に図 11 における入力端外乱推定部 5-6 の出力信号を利用したパワーアンプ異常系のソフトウェアによる検出および異常系切離しロジック回路の一例を図 12 によって説明する。

【 0 0 5 7 】

図 12 において、第 1 の異常判定手段 60 が入力端外乱推定部 5-6 の出力である外乱推定値の絶対値および弁開度制御偏差の絶対値の双方を入力し、入力端外乱推定部 5-6 の出力が $\pm 100\%$ の範囲を逸脱し、かつ弁開度制御偏差が設定

値以上になったことを検出したときアンド条件が成立し、パワーアンプ 2 系以上に異常ありと判定する。そして、ソフトウェアによる検出ロジックを実行させることにより、パワーアンプ異常系を検出する。

【 0 0 5 8 】

前述のパワーアンプ異常系を検出する検出ロジックは、A 系、B 系、C 系の各系に対して 1 系ずつ順番に出力切離しを行う。パワーアンプを切離したとき、入力端外乱推定部 5 - 6 の出力信号の変化率および弁開度制御偏差の変化率を第 2 の判定手段 6 1 に入力し、これらの変化率が共にゼロ以上の場合アンド条件が成立し、当該系のパワーアンプ異常ありと判定する。この場合は、当該系のサーボアンプの切離しを継続する。

【 0 0 5 9 】

第 2 の判定手段 6 1 は、入力端外乱推定部 5 - 6 の出力信号の変化率あるいは弁開度制御偏差の変化率のいずれか一方がゼロ未満であればアンド条件が成立しないので、当該系に異常がないと判定し、当該系のサーボアンプを復帰させる。

【 0 0 6 0 】

以上の操作を 3 系に対して各系順番に行うことによって、サーボ電流を直接検出することなく、パワーアンプ異常系の検出を行うことができ、2 系のパワーアンプ異常時にも正常な制御を維持することが可能になる。

【 0 0 6 1 】

なお、図 1 2 の場合は入力端外乱推定部 5 - 6 の出力および弁開度制御偏差 Δz の双方のアンド条件をとっているが、場合によっては入力端外乱推定部 5 - 6 の出力だけを監視するようにしてもよい。

【 0 0 6 2 】

以上述べたように本実施の形態によれば、前記入力端外乱推定部の出力信号に基づき、パワーアンプの異常系を検出ロジックによりソフトウェア的に検出し、異常系のパワーアンプ出力を切離すことにより、サーボ電流を直接検出することなく、2 系のパワーアンプ異常時にも正常な制御を継続することが可能である。

【 0 0 6 3 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、サーボ弁の入力端に加わる外乱を入力端外乱推定部により直接的に抑制することができ、サーボ弁のヌルバイアス変動や3コイルサーボシステムの1系アンプ異常等の入力端外乱に対しても制御性を劣化させずに、正常時の制御性を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係わるサーボ弁制御装置の構成を示すブロック図

。

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態に係わる入力端外乱推定部の構成を示すブロック図

。

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態に係わるサーボ弁制御装置によるサーボ弁の位置制御特性を示す図。

【図 4】

従来 of のサーボ弁制御装置によるサーボ弁の位置制御特性を示す図。

【図 5】

本発明によるタービン調速制御装置による発電機負荷制御特性を従来例と比較した図。

【図 6】

本発明の第 2 の実施の形態に係わるサーボ弁制御装置の構成を示すブロック図

。

【図 7】

本発明の第 3 の実施の形態に係わるサーボ弁制御装置の構成を示すブロック図

。

【図 8】

本発明の第 4 の実施の形態に係わるサーボ弁制御装置の構成を示すブロック図

。

【図 9】

本発明の第 5 の実施の形態に係わる 3 コイルサーボシステムの構成を示すブロック図。

【図 1 0】

本発明の第 5 の実施の形態に係わるサーボ弁制御装置の構成を示すブロック図。

【図 1 1】

本発明の第 6 の実施の形態に係わる 3 コイルサーボシステムの構成を示すブロック図。

【図 1 2】

本発明の第 6 の実施の形態に係わる 3 コイルサーボシステムのパワーアンプ異常系のソフトウェア的検出およびパワーアンプ出力切離し手法を示すフローチャート。

【図 1 3】

一般的なタービン調速制御装置の機能の概略を示すブロック図。

【図 1 4】

従来のサーボ弁制御装置の構成を示すブロック図。

【図 1 5】

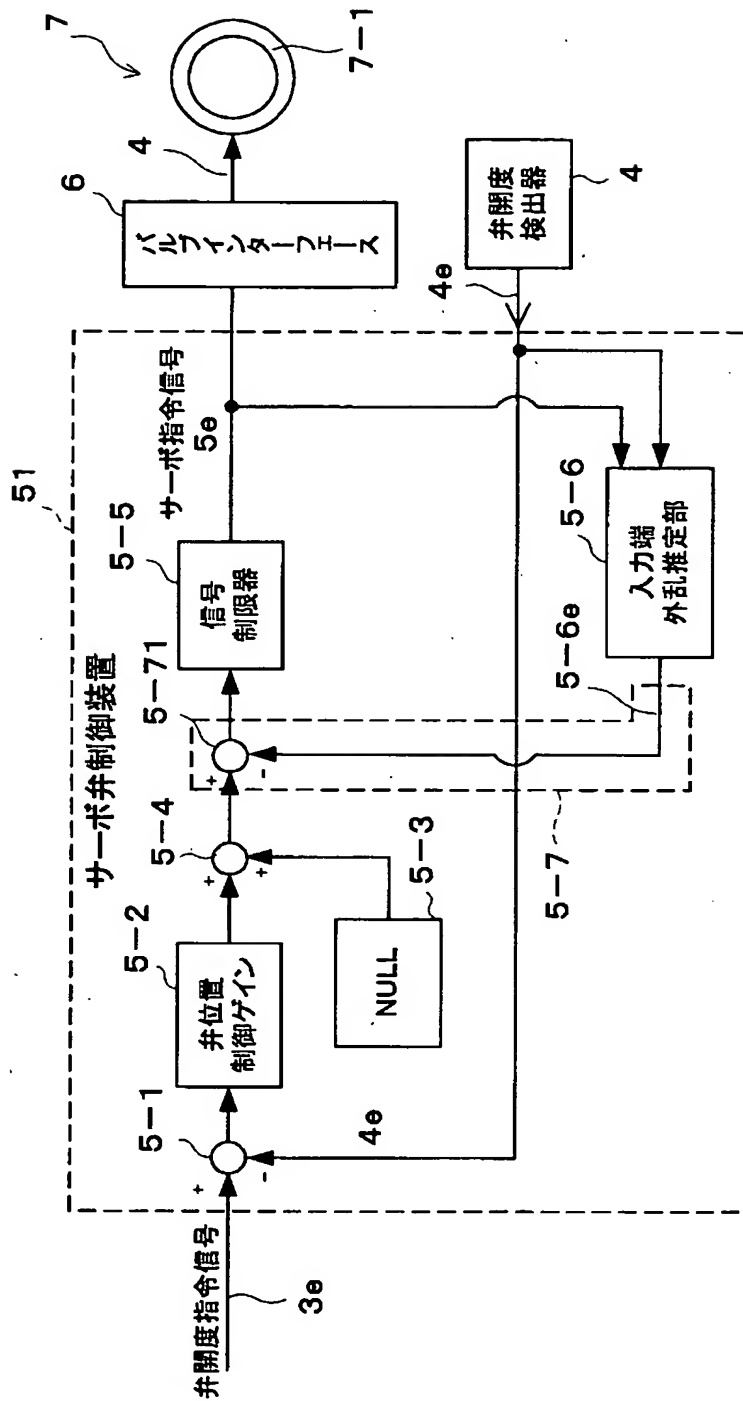
従来の 3 コイルサーボシステムの構成を示すブロック図。

【符号の説明】

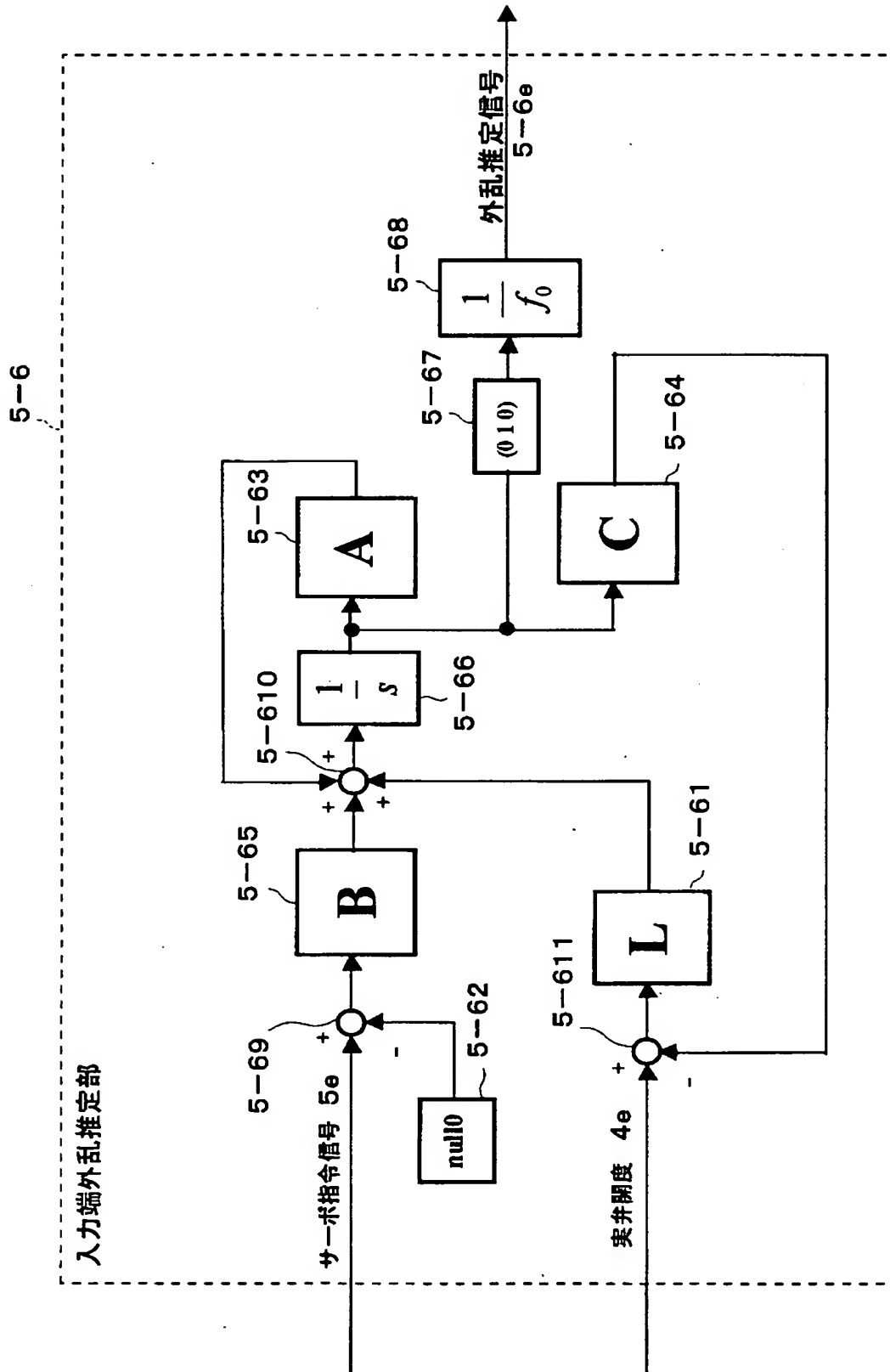
4 … 弁開度検出器、5 1, 5 2, 5 3, 5 4, 5 5, 5 6 … サーボ弁制御装置、5 - 1 加算部、5 - 2 … 弁位置制御ゲイン、5 - 2 a … 可変弁位置制御ゲイン、5 - 3, 5 - 3 a … ヌルバイアス補償器、5 - 4 … 加算部、5 - 5 … 信号制限器、5 - 6 … 入力端外乱推定部、5 - 7 … フィードフォワードパス（修正手段）、5 - 8 … 手動調整手段、5 - 9 … 異常検出器、5 - 1 0 … ゲイン調整用関数器、5 - M … 中間値選択回路、6 … バルブインターフェース、6 - 1 … 中間値選択回路、6 - 2 … パワーアンプ、6 - 3 … 回路切離手段、7 … サーボ弁、7 - 1 … サーボコイル、8 … 蒸気加減弁、6 0 … 第 1 異常判定手段、6 1 … 第 2 異常判定手段。

【書類名】 図面

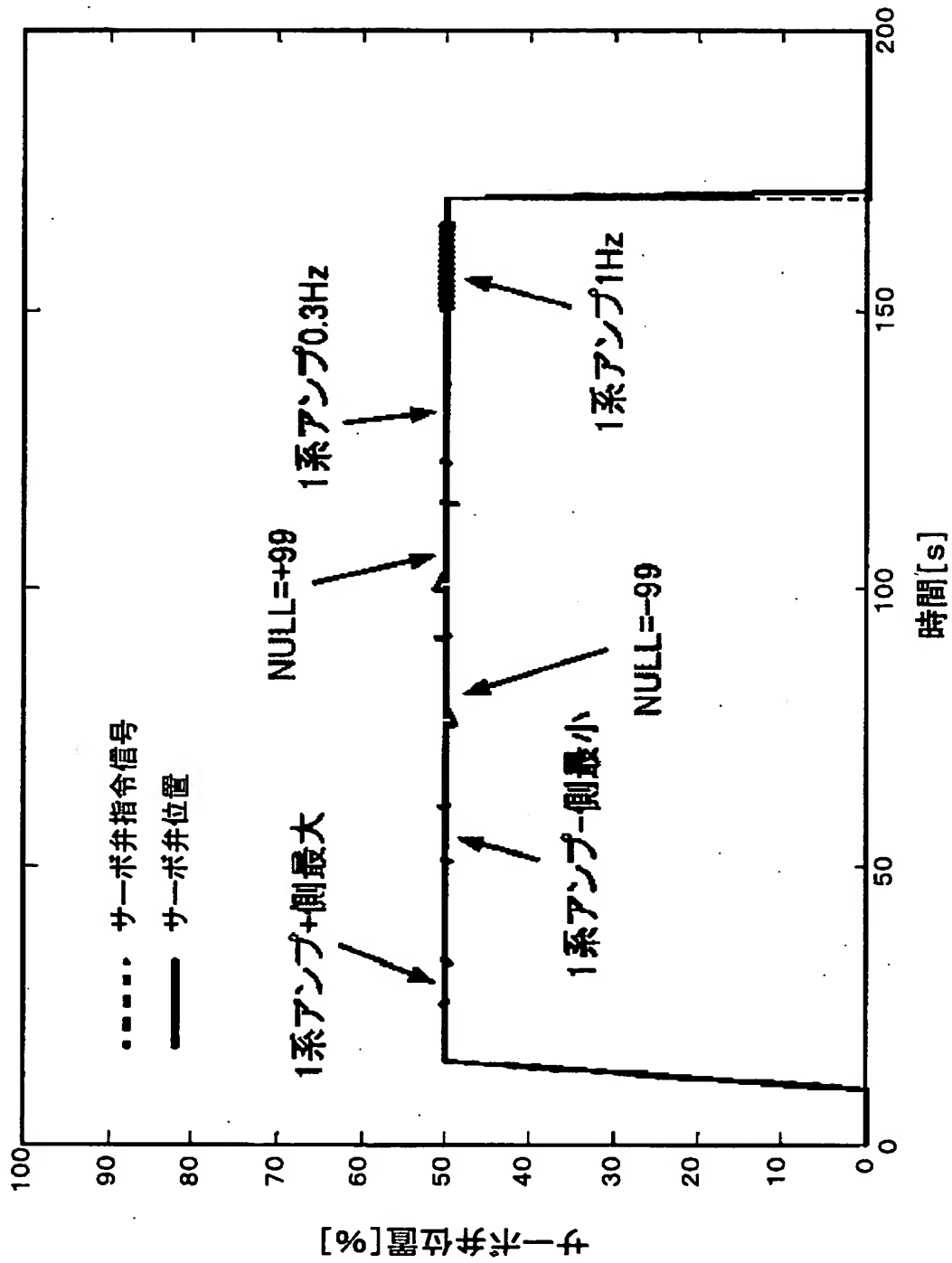
【図 1】



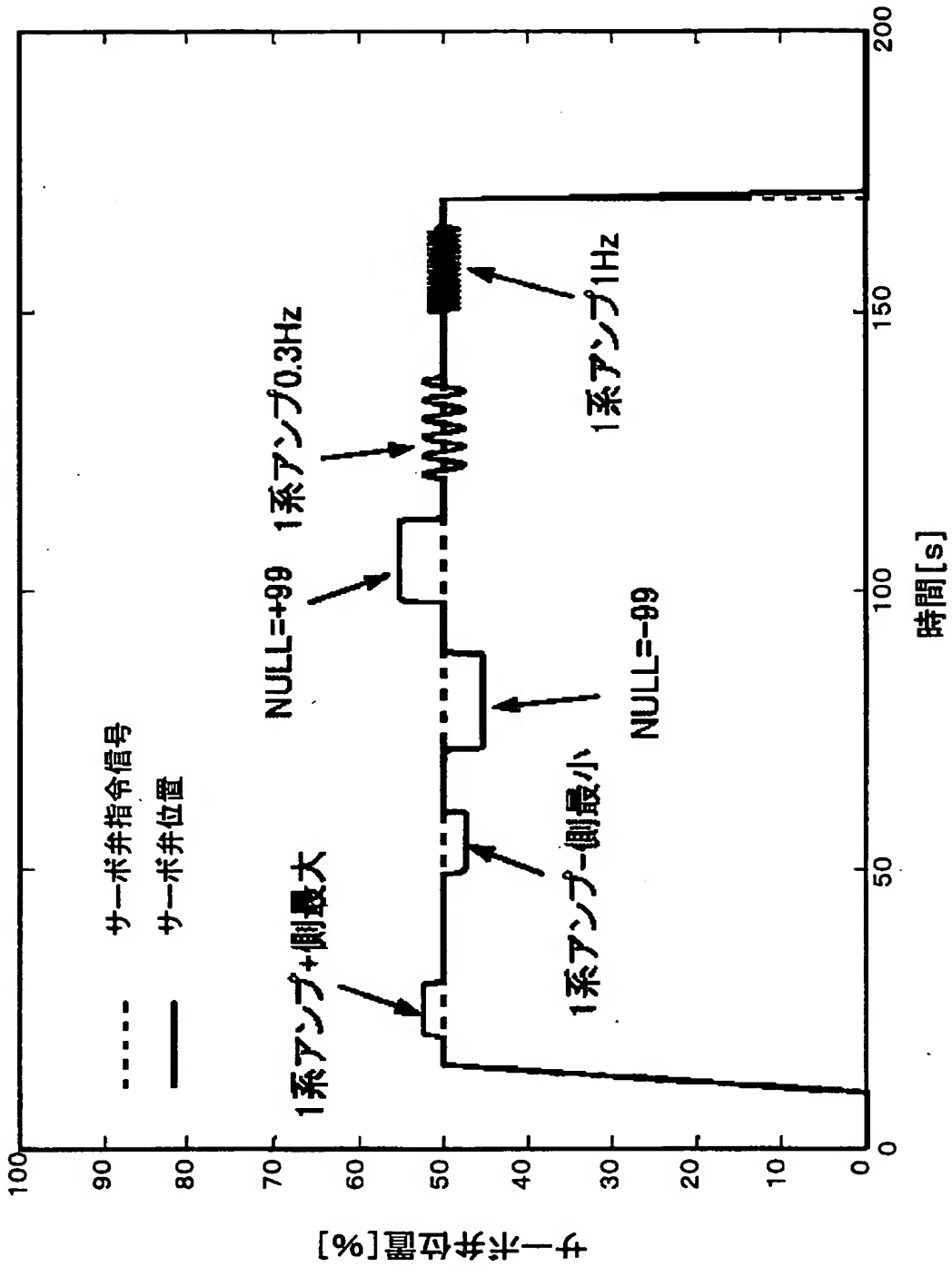
【図 2】



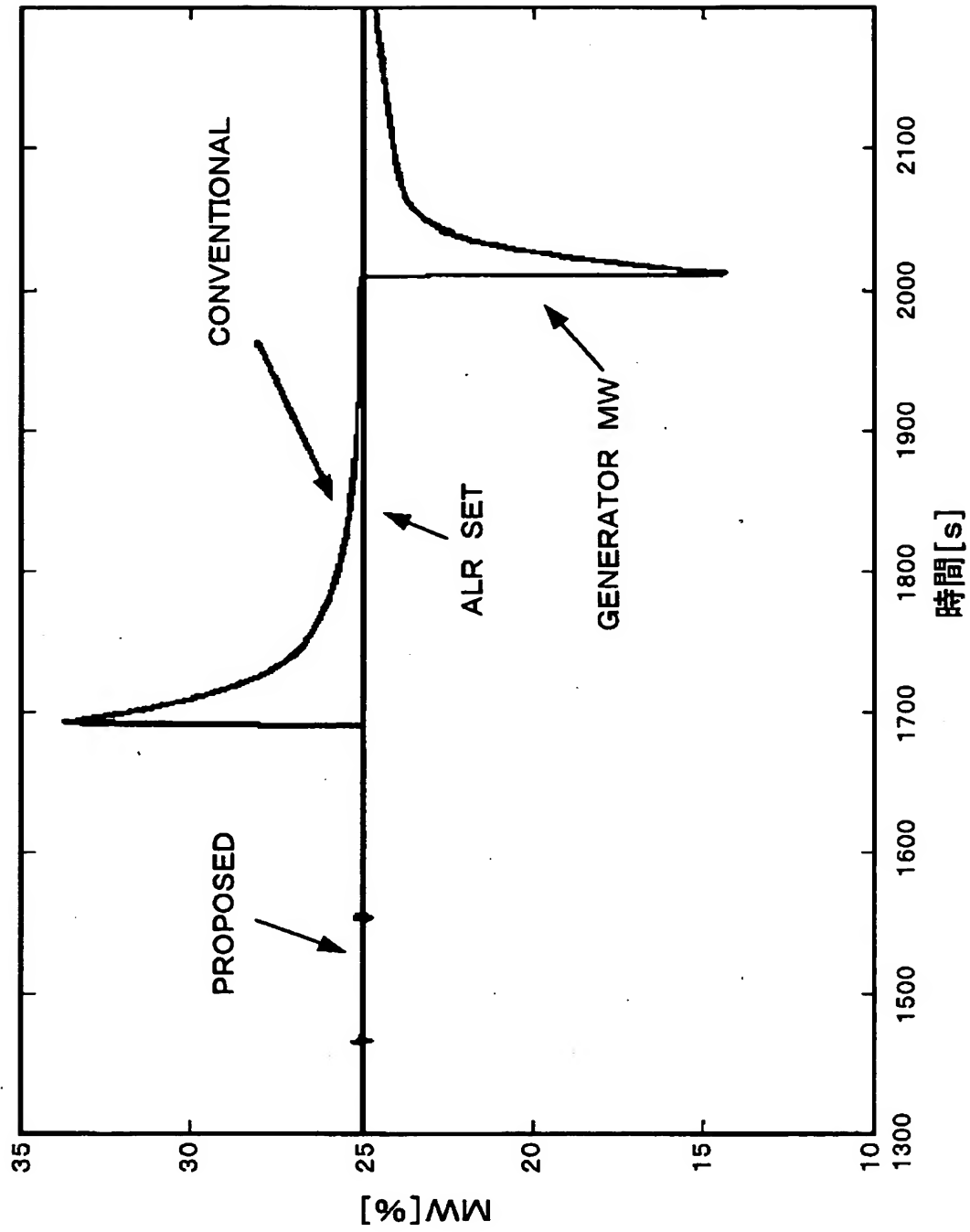
【図 3】



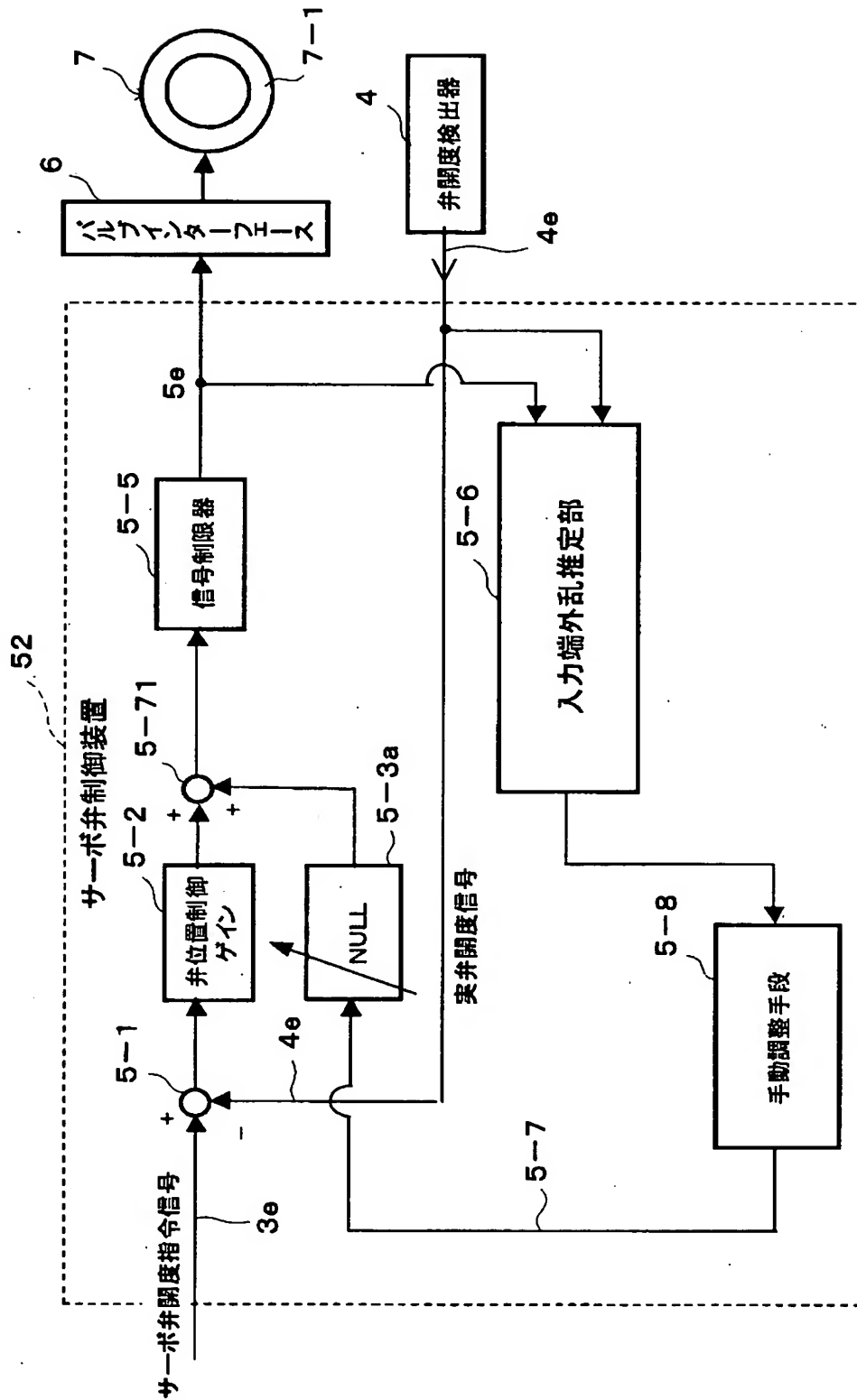
【図 4】



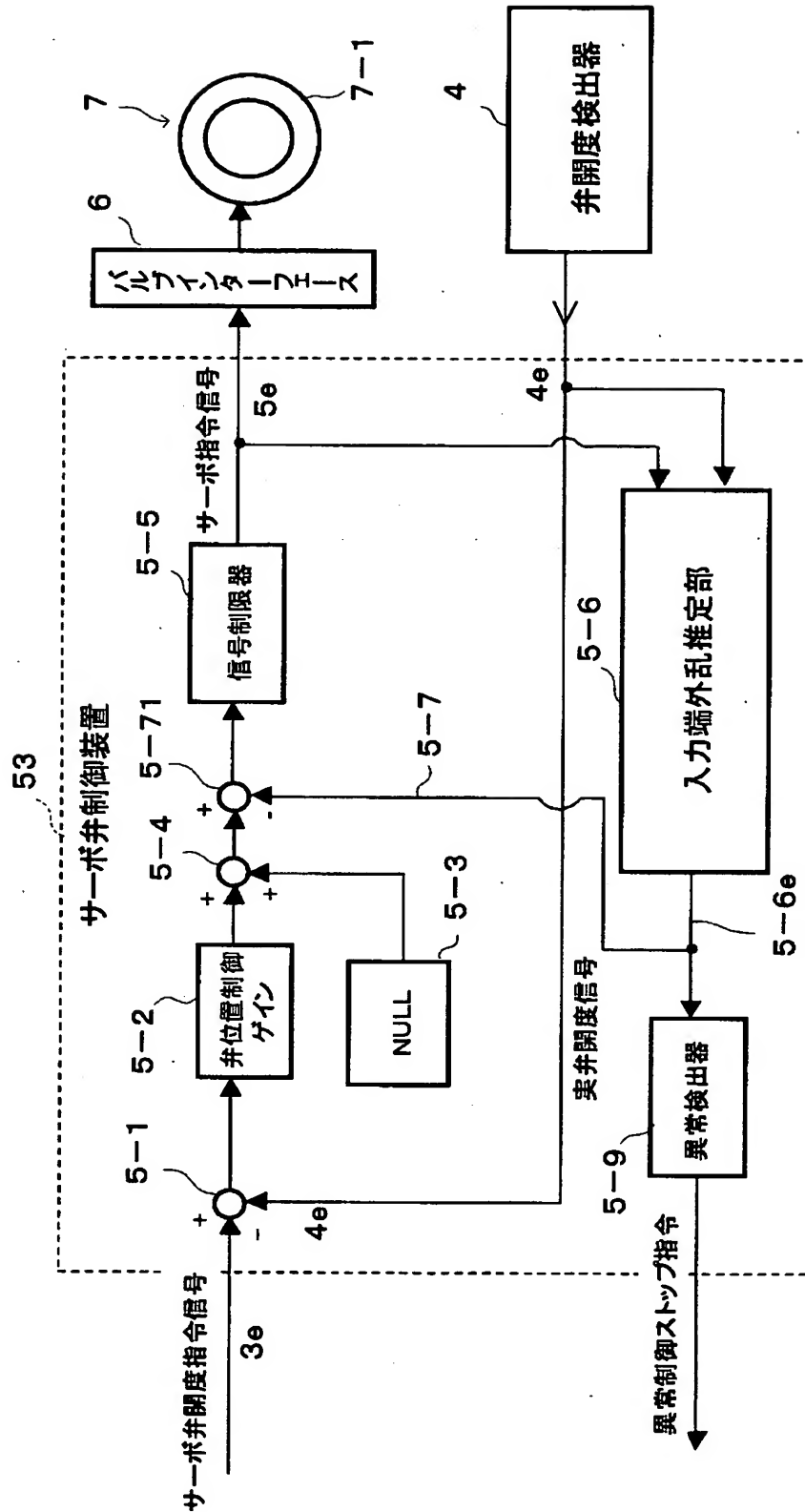
【図 5】



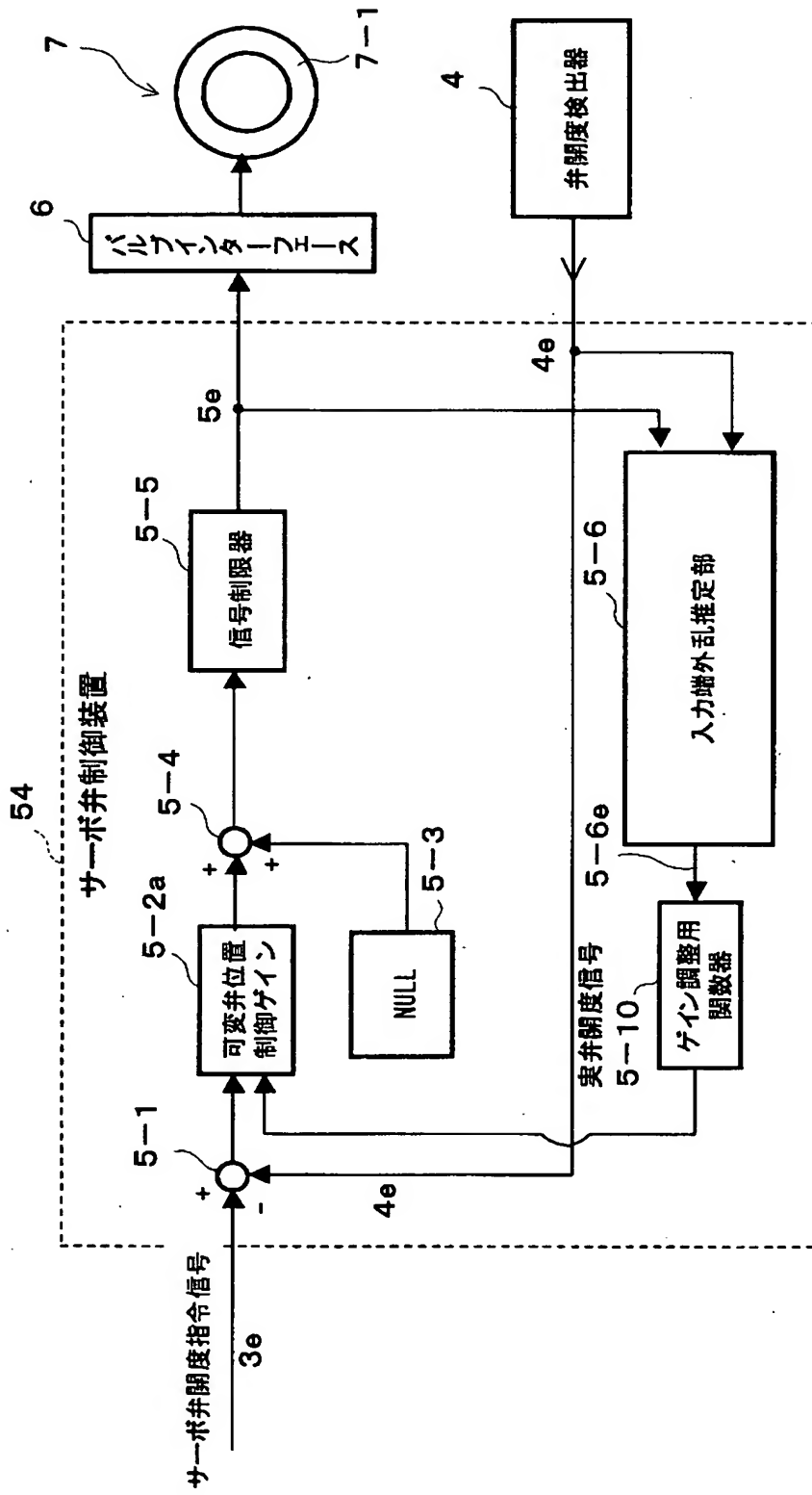
【図 6】



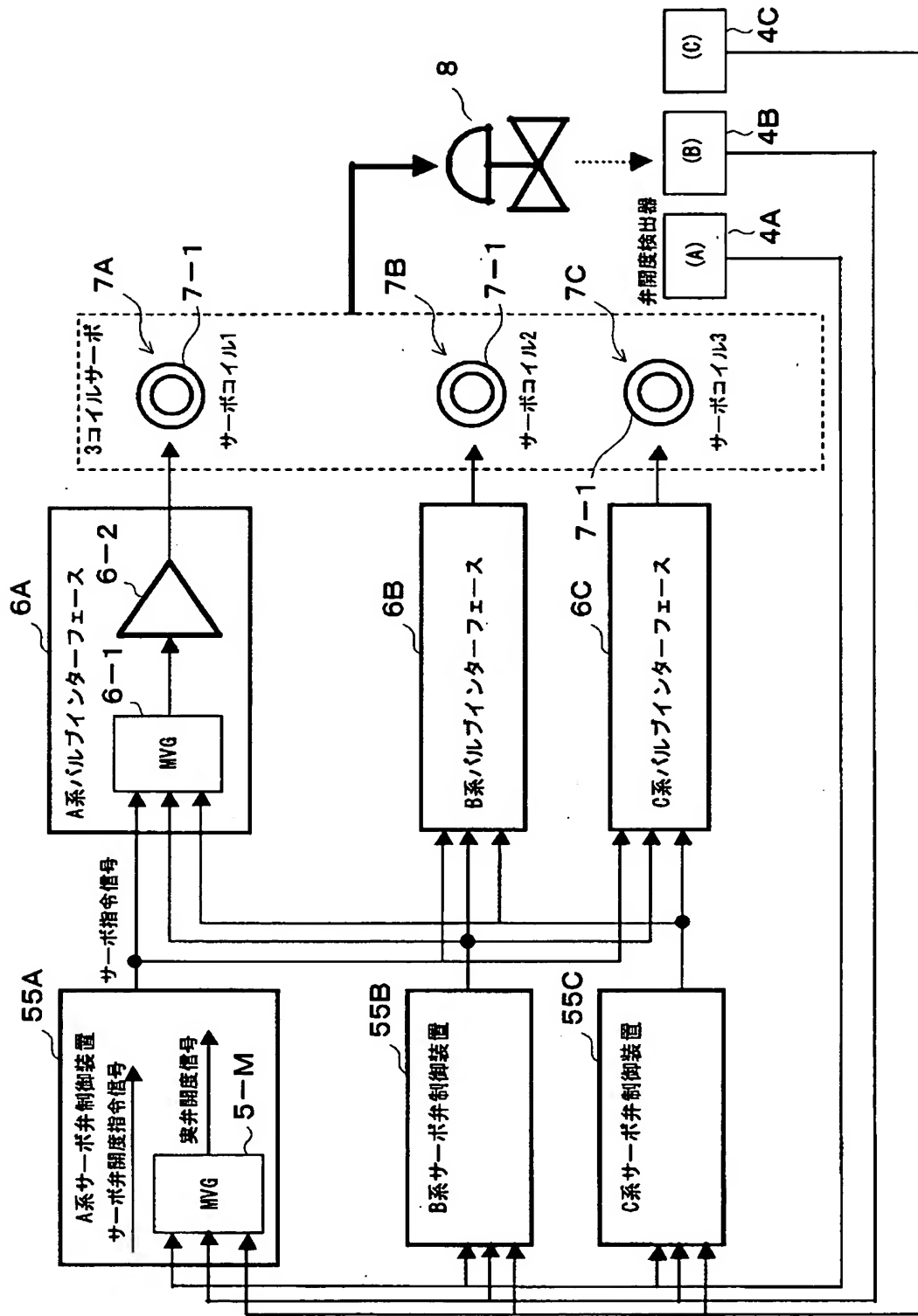
【図 7】



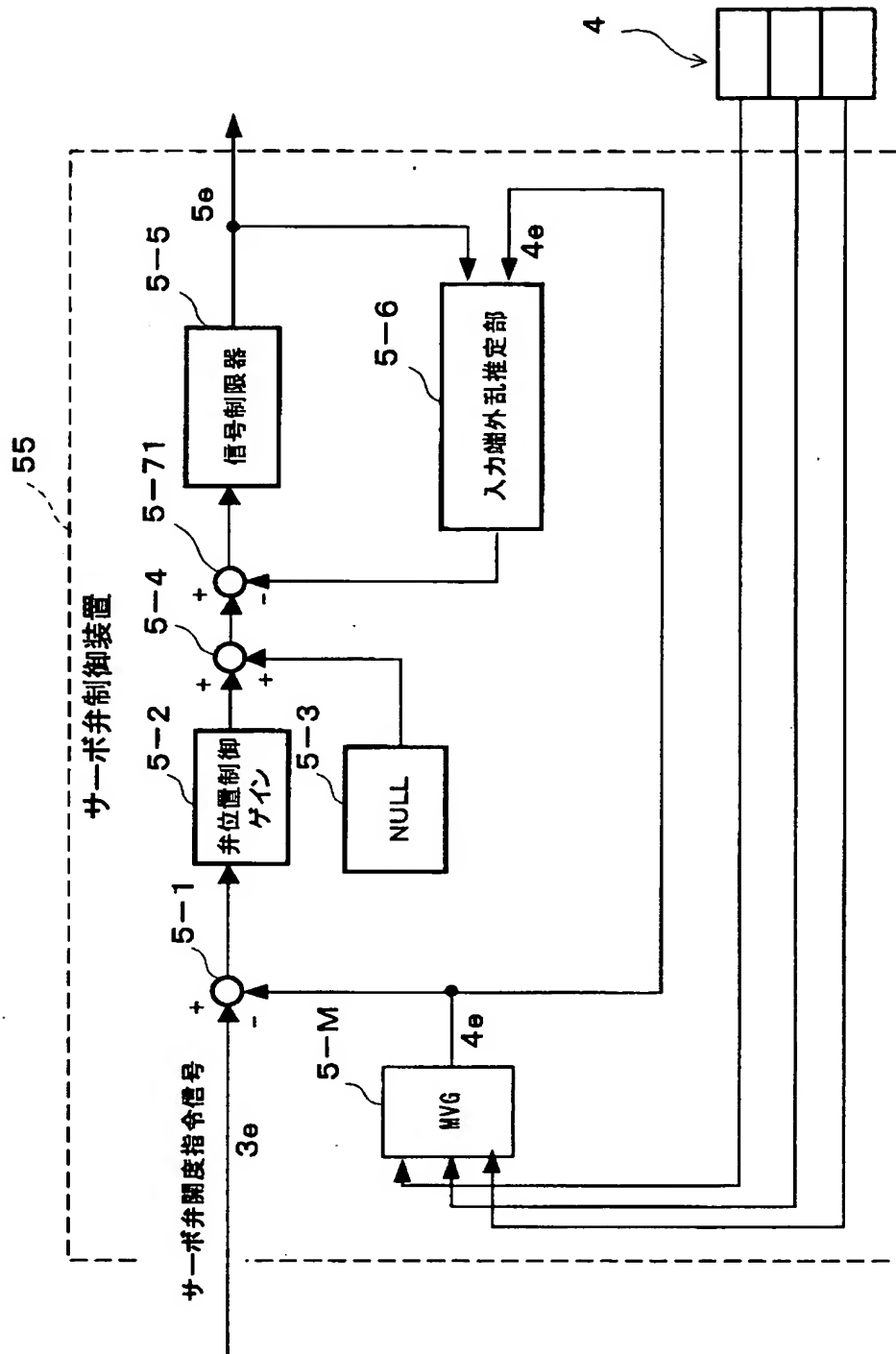
【図 8】



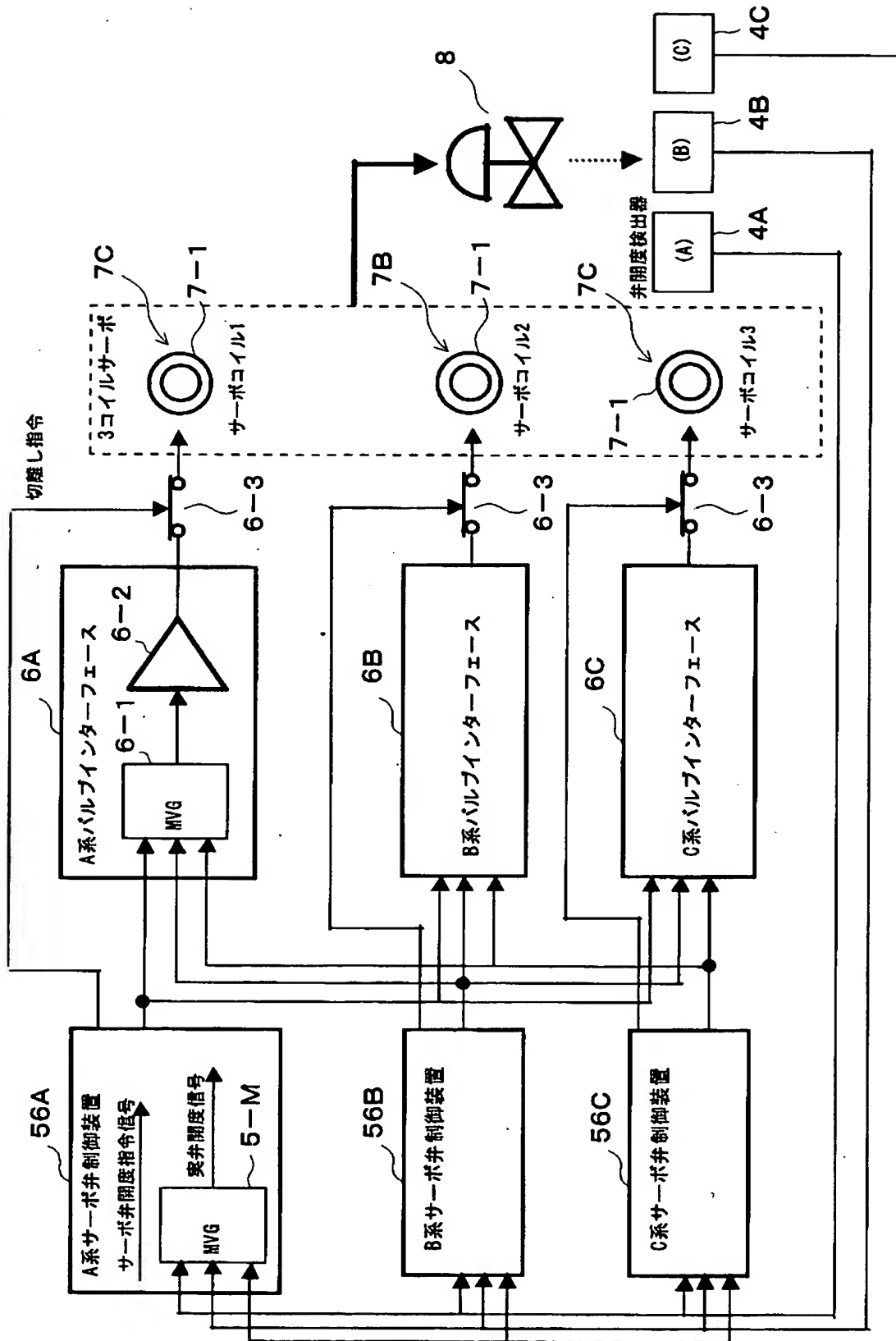
【図9】



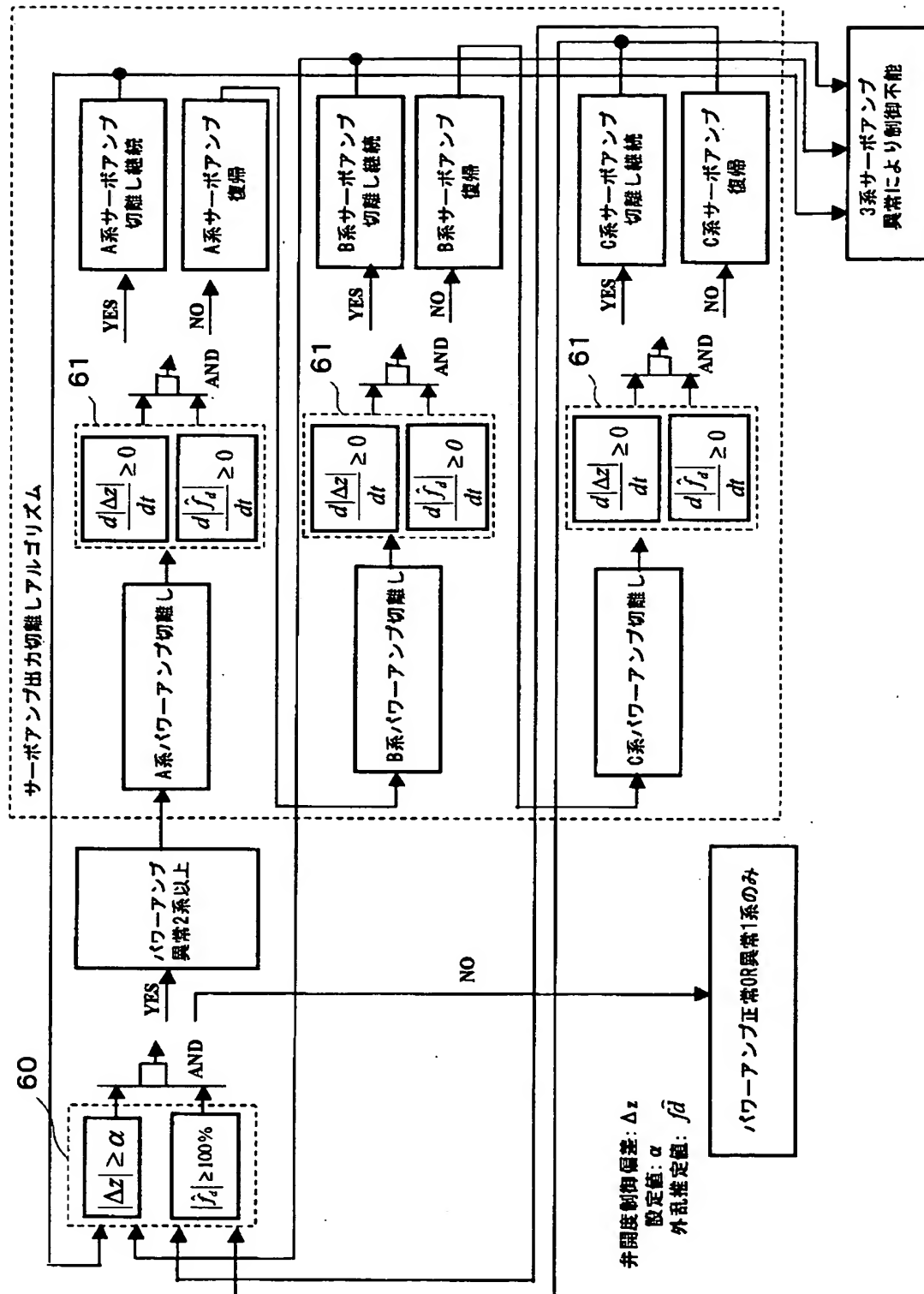
【図10】



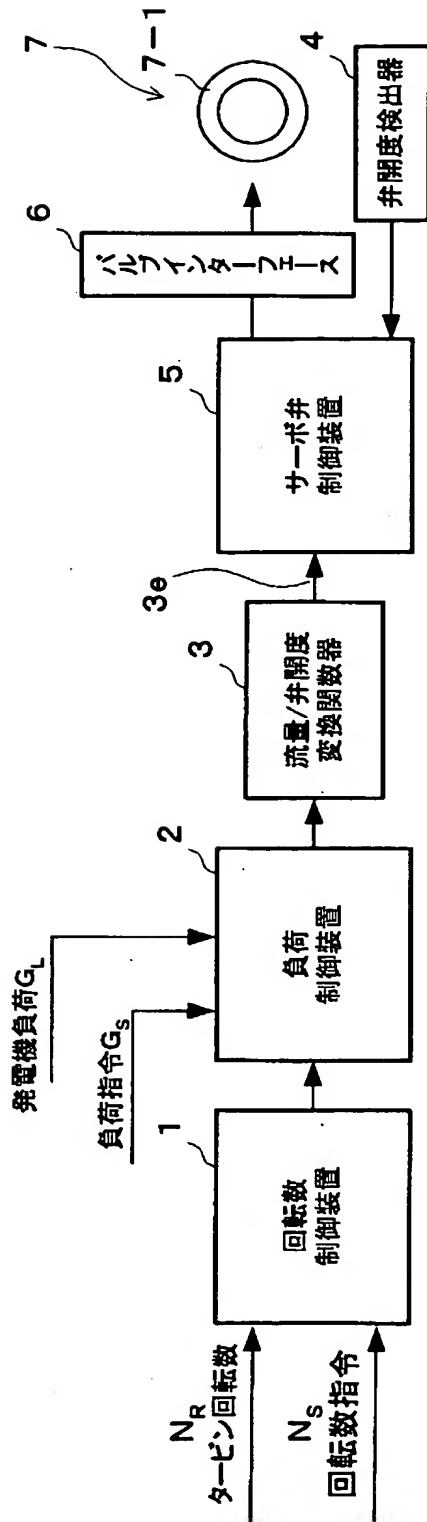
【図11】



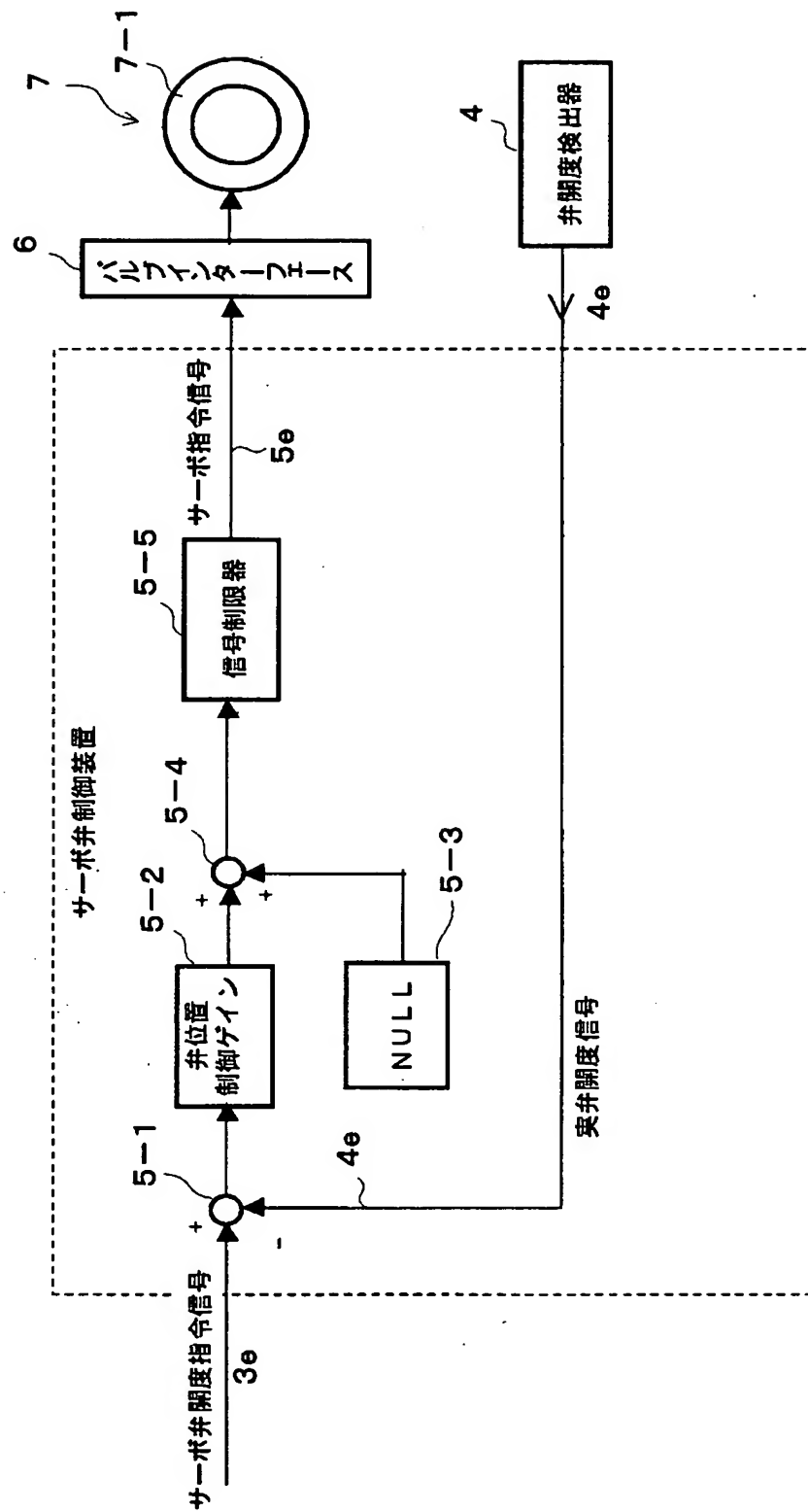
【図 12】



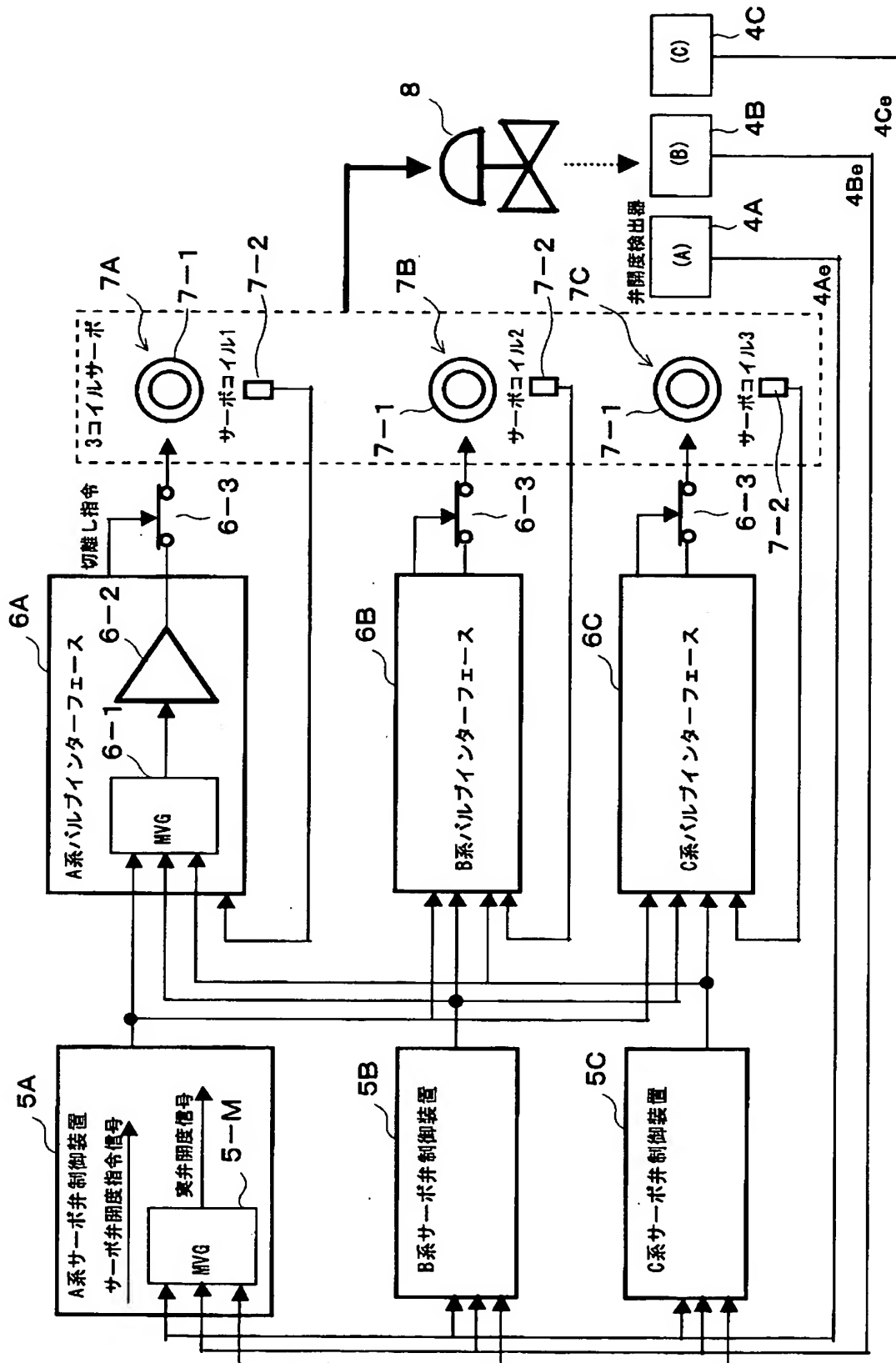
【図 13】



【図14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 サーボ弁の入力端外乱が生じた場合にも、弁開度制御偏差を生じることなく正常な制御が可能なサーボ弁制御装置を備えたサーボ弁制御装置を提供する。

【解決手段】 サーボ弁の開度目標値および実弁開度信号を入力してサーボ弁の開度を目標値に追従するように制御するサーボ弁制御装置 5 1 において、弁開度指令信号と実弁開度信号との偏差を入力しサーボ弁を駆動するためのサーボ指令信号を出力する制御器 5 - 2 と、前記実弁開度信号および前記サーボ指令信号を入力し、サーボ弁に加わる入力端外乱信号を推定する入力端外乱推定部 5 - 6 と、この入力端外乱推定部 5 - 6 の出力を前記サーボ指令信号から加減算してサーボ指令信号を再計算するフィードフォワードパス 5 - 7 と、を備えた。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝